

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2000-152799**

(43)Date of publication of application : **06.06.2000**

(51)Int.Cl. **C12P 5/02**

B09B 3/00

C10J 3/16

// C01B 3/02

C01B 31/18

(21)Application number : **10-328730**

(71)Applicant : **MEIDENSHA CORP**

(22)Date of filing : **19.11.1998**

(72)Inventor : **MATSUNAGA AKIRA**

(54) TREATMENT OF GAS PRODUCED BY PYROLYSIS OF BIOMASS AND APPARATUS THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To effectively utilize gas produced by pyrolysis of biomass by subjecting the gas to biological treatment.

SOLUTION: A gas consisting essentially of hydrogen and carbon monoxide obtained by pyrolyzing finely ground biomass in a pyrolizer 1 is fed to a heat recovering apparatus 3 to recover heat and then, fed to a methane fermentation tank 9 in which methane producing bacterium exists as preferential seed and methane is produced by methane fermentation. A gas containing carbon dioxide and unreacted carbon monoxide is stored in a gas holder 5. Gas stored in the gas holder 5 is re-fed to the methane fermentation tank 9 to convert the gas to methane. The gas holder 5 feeds gas stored in order to utilize for heat source for producing steam and power generation to a steam generator 25 and gas engine 15.

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The biomass pyrolysis generation gassing approach characterized by generating the gas which pyrolyzed biomass and used hydrogen and a carbon monoxide as the principal component, contacting the gas and the methanation bacillus which were generated after that, and generating methane.

[Claim 2] Said methane bacterium is the biomass pyrolysis generation gassing approach according to claim 1 characterized by having carried out enrichment culture of the seed fungus, and being generated.

[Claim 3] The biomass pyrolysis generation gassing approach according to claim 1 or 2 characterized by generating the gas which pyrolyzed biomass and used hydrogen and a carbon monoxide as the principal component, and making it generate electricity by contacting the gas and the methanation bacillus which were generated after that, and making a prime mover with a generator drive from the methane which generated and generated methane.

[Claim 4] Biomass pyrolysis generation gas treatment equipment characterized by providing a methane fermentation means to contact a pyrolysis means to obtain the gas which pyrolyzes biomass and uses hydrogen and a carbon monoxide as a principal component, and the gas and the methanation bacillus which use as a principal component the hydrogen supplied from said pyrolysis means, and a carbon monoxide, and to generate methane.

[Claim 5] Biomass pyrolysis generation gas treatment equipment according to claim 4 characterized by establishing a seed-fungus supply means to supply the methanation bacillus obtained by carrying out enrichment culture of the seed fungus to said methane fermentation means.

[Claim 6] Biomass pyrolysis generation gas treatment equipment according to claim 4 or 5 characterized by supplying the warm water which was able to be warmed with the heat collected from said pyrolysis means for said methane fermentation means.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the approach of performing biological waste treatment to the gas which pyrolyzed biomass and was obtained, and using for an effective target, and its equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] Biomass energy is refreshable and has the advantage to which the carbon dioxide levels in atmospheric air are not made to increase. However, in order to acquire biomass to the top where an energy density is low, a vast area is not only required, but using as energy with a solid-state is difficult. Thus, since biomass had the demerit in which the ratio to the production (output) energy of injection (input) energy required for making it change to the gestalt which is [liquid / a gas] easy to use is high, besides being used as firewood and coal, it was not used in fact.

[0003] After Sakai and others of Nagasaki Institute of Applied Science obtains the synthesis gas of the high calorific value which used hydrogen and a carbon monoxide as the principal component and carries out carbon monoxide conversion of this by the low-temperature pyrolysis which used a steam and oxygen as the gasifying agent for the biomass of the pulverized grass, a tree, etc., it has reported how to carry out a pressure up and compound a methanol through a catalyst. How to manufacture a methanol from biomass is shown in drawing 3. Since decomposition of a product is easy and there are comparatively few injections of the energy from the outside which energy conversion takes as compared with acetone butanol fermentation or ethanol fermentation, this approach is evaluated as the energy conversion approach. However, the method of changing into fuels other than a methanol the synthesis gas obtained by the pyrolysis is not reported.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The generation of electrical energy by the gas engine of a spark point flower formula using sludge sewage gas as the generation-of-electrical-energy approach treating current and biomass occupies the mainstream. The generation of electrical energy using a fuel cell is only an example in our country, and although there is also a 2 basic fuel type diesel gas-engine-driven-power-generation method using a Diesel engine, there are few examples of adoption in our country.

[0005] Using the synthesis gas generated by the biomass pyrolysis, direct or carbon monoxide conversion is performed and it is made difficult with current skill level to generate electricity with gas engines, such as a jump-spark-ignition type.

[0006] The reason is as follows. When the rate of combustion of various gas is measured, in the condition of having coexisted with 25 cm/sec and a steam in the condition that 270 cm/sec dried [hydrogen] and 40 cm/sec and a carbon monoxide dried [methane], they are 50 cm/sec. Moreover, for hydrogen, 66 and methane are [103 and a carbon monoxide] 100 when the octane value of various gas is compared. From these numeric values, as for methane and a carbon monoxide, anti-knock is high, and hydrogen can be said to be knock characteristics are very high and very unsuitable as a gas-engine fuel to being suitable as a fuel of a jump-spark-ignition type (Otto cycle engine) gas engine.

[0007] Therefore, if current generation-of-electrical-energy skill level is taken into consideration when using for a generation of electrical energy the synthesis gas which uses as a principal component the hydrogen generated by the biomass pyrolysis, and a carbon monoxide, the approach of changing synthesis gas into methane and generating with a jump-spark-ignition type gas engine will be considered to be a practical approach.

[0008] Let it be a technical problem to offer the art of the biomass cracked gas which made it possible to have made this invention in view of the above-mentioned situation, to perform a biological treatment to biomass cracked gas, and to use this for an effective target, and its equipment.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order that this invention may attain the above-mentioned technical problem, the 1st invention is characterized by generating the gas which pyrolyzed biomass and used hydrogen and a carbon monoxide as the principal component, contacting the gas and the methanation bacillus which were generated after that, and generating methane.

[0010] The 2nd invention is characterized by for said methane bacterium having carried out enrichment culture of the seed fungus, and generating it.

[0011] The 3rd invention is characterized by generating the gas which pyrolyzed biomass and used hydrogen and a carbon monoxide as the principal component, and making it generate electricity by contacting the gas and the methanation bacillus which were generated after that, and making a prime mover with a generator drive from the methane which generated and generated methane.

[0012] The 4th invention is characterized by providing a methane fermentation means to contact a pyrolysis means to obtain the gas which pyrolyzes biomass and uses hydrogen and a carbon monoxide as a principal component, and the gas and the methanation bacillus which use as a principal component the hydrogen supplied from said pyrolysis means, and a carbon monoxide, and to generate methane.

[0013] The 5th invention is characterized by establishing a seed-fungus supply means to supply the methanation bacillus obtained by carrying out enrichment culture of the seed fungus to said methane fermentation means.

[0014] The 6th invention is characterized by supplying the warm water which was able to be warmed with the heat collected from said pyrolysis means for said methane fermentation means.

[0015]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, in explaining the gestalt of operation of this invention based on a drawing, in the approach of generating methane biologically from the gas first obtained by drawing 2 by the pyrolysis of biomass, the approach using a hydrogen utilization nature methanation bacillus is described. This is the approach of generating methane by fermentation according to a hydrogen utilization nature methanation bacillus, after considering as the gas which gave carbon monoxide conversion to the gas which used as the principal component the hydrogen generated by the pyrolysis of biomass, and a carbon monoxide, and used hydrogen and a carbon dioxide as the principal component. A hydrogen utilization nature methanation bacillus is one of the methanation strains discovered in recent years, and according to the report of *** and others of the Nagaoka technology university, the super-thermophile hydrogen utilization nature methanation bacillus has the proliferation rate of doubling time 26 minutes, and the Escherichia coli average with the optimum temperature of 85 degrees C, and serves as the first producer of a living system who does not depend for sunlight on the photosynthesis in the deep sea not arriving. The methanation reaction by the hydrogen utilization nature methanation bacillus is expressed with the following formula.

[0016] In $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ drawing 2, the pyrolysis to which the ground biomass raw material 31 is supplied to pyrolysis equipment 32, and a steam and oxygen supply it as a gasifying agent generates the synthesis gas which used hydrogen and a carbon monoxide as the principal component. Synthesis gas is supplied to a carbon monoxide shift converter 33. In a carbon monoxide shift converter 33, the carbon monoxide in synthesis gas reacts with the steam by which air supply were carried out, and is changed into hydrogen and a carbon dioxide. Then, as for the mixed gas of hydrogen and a carbon dioxide, heat recovery is performed by recuperator 34. The mixed gas of the hydrogen and the carbon dioxide with which temperature fell is supplied to the hydrogen utilization nature methanation bacillus cultural tank 35, and is

changed into methane according to an operation of a hydrogen utilization nature methanation bacillus. It results by the elevated temperature from low temperature, and the reaction rate of methane fermentation becomes [the one where temperature is higher] quick, and the proper temperature of a methanation bacillus has a small capacity of a tank, and ends. the tank which made the heat source one of the heat which the methane generated from the hydrogen utilization nature methanation bacillus cultural tank 35 was stored by the gas holder 36, and some generated methane was burned, and was generated, and the heat collected in recuperator 34, or both -- warming -- the hydrogen utilization nature methanation bacillus cultural tank 35 is warmed by the means 37. Moreover, by making the generated methane into a heat source, a steam is generated using the steam generator 38 and aeration is carried out to pyrolysis equipment 32 and the carbon monoxide generation machine 33. The remainder used as a heat source of heating or steam generating among the generated methane is used for the generation of electrical energy as a fuel etc. by the surplus gas utilization means 39. When generating electricity, there are methods, such as a jump-spark-ignition engine, a 2 basic-fuel (fuel oil and sewage gas) diesel gas engine, a gas turbine engine, and a fuel cell generation of electrical energy, as the means, and the generated steam can be used for reforming, carbon monoxide conversion, etc. which used the steam of the low-temperature pyrolysis of biomass, or methane in a fuel cell generation of electrical energy. After biomass is changed into methane by using this equipment and being used as heat or electrical and electric equipment, finally it becomes a carbon dioxide and water.

[0017] In drawing 1 which explains the gestalt of operation of this invention based on a drawing, 1 is pyrolysis equipment and the pulverized biomass is supplied through the supply way 2. Pyrolysis equipment 1 carries out the air supply of oxygen and the steam as a gasifying agent through the supply ways 4 and 20, pyrolyzes biomass, and generates the synthesis gas which used hydrogen and a carbon monoxide as the principal component. Synthesis gas is supplied to recuperator 3 through the supply way 6. Recuperator 3 collects the heat obtained by the pyrolysis of biomass. the collected heat -- a methane fermentation tank -- warming -- a means 19 -- the self of a methane fermentation tank -- it is used for warming. The synthesis gas which heat was collected and low-temperature-ized is supplied to a gas holder 5 through the supply way 8.

[0018] the gas by which the gas holder 5 was discharged from synthesis gas and a methane fermentation tank -- storing -- gas -- it has the function supplied to a compressor 7, a gas engine 15, and the steam generator 25 through conduits 10, 16, and 18.

[0019] a compressor 7 -- gas -- the mixed gas introduced from the gas holder 5 is pressurized through a conduit 10, and the methane fermentation tank 9 is supplied.

[0020] the methane fermentation tank 9 -- the seed-fungus supply means 13 and a methane fermentation tank -- warming -- a means 19 attaches and the diffuser 12 is installed by said tank 9 pars basilaris ossis occipitalis. The seed-fungus supply means 13 has the function which carries out optimum dose supply of the methanation fungus body 11 obtained by performing enrichment culture timely at the methane fermentation tank 9 to the seed fungus extracted from the nature by making a methanol, hydrogen, a carbon monoxide, or formic acid into a substrate. a methane fermentation tank -- warming -- the means 19 has the function adjusted to the temperature suitable for methane fermentation by measuring the temperature of the reaction mixture of the methane fermentation tank 9, and supplying the warm water which was able to be warmed with the heat collected from recuperator 3. A diffuser 12 has the function to make the mixed gas pressurized from the compressor 7 form into detailed air bubbles.

[0021] Moreover, the overflow opening 22 is installed by the upper part and the excess sludge exhaust port 24 is installed by the methane fermentation tank 9 at the pars basilaris ossis

occipitalis. The excess sludge with which were kept by lengthening [the waste-water-treatment means 21] the excessive liquid discharged from the overflow opening 22 from the excess sludge exhaust port 24 again is transported to the excess sludge processing means 23, and is processed. [0022] If the mixed gas which was supplied from the compressor 7 and which was formed into detailed air bubbles contacts the methanation fungus body 11 which floats in the methane fermentation tank 9, it will be changed into methane.

[0023] the gas containing the methane discharged from the reaction mixture in the methane fermentation tank 9, a carbon dioxide, and an unreacted carbon monoxide -- gas -- it is stored by the gas holder 5 through a conduit 14. the gas stored by the gas holder 5 -- again -- gas -- actuation in which the methane fermentation tank 9 is supplied is repeatedly performed through a conduit 10.

[0024] gas after a part of gas stored by the gas holder 5 was changed into the gas presentation suitable for a gas engine 15 (a jump-spark-ignition type gas engine or dual fuel diesel gas engine) -- it is supplied through a conduit 16 and used as a fuel for a generation of electrical energy. A generation of electrical energy is performed by the generator 17 linking directly to a gas engine 15.

[0025] It is made to generate using the steam generator 25 using the gas stored in the external heat source 27 or the gas holder 5 as a heat source, and a steam required for the pyrolysis of biomass is supplied to pyrolysis equipment 1.

[0026] As explained above, by using the equipment concerning this example of an operation gestalt, biomass is changed into methane, and the energy is used as heat or electrical and electric equipment, and, finally becomes a carbon dioxide and water.

[0027] Next, the description about this example of an operation gestalt is explained.

[0028] By the low-temperature pyrolysis which used a steam and oxygen as the gasifying agent, the biomass of the grass which pulverized pyrolysis equipment 1, a tree, etc. can prevent generating of tar, and can obtain the synthesis gas of the high calorific value which used hydrogen and a carbon monoxide as the principal component.

[0029] the recuperator 3 which collects and uses this heat, and a methane fermentation tank -- warming -- it becomes possible to be able to set it as the temperature conditions suitable for methane fermentation, and to perform a methanation efficiently and economically by installation of a means 19.

[0030] Moreover, in the methane fermentation in which a direct methanation bacillus generally participates to biomass, hydrolysis of an organic substance serves as a rate-determining step. For this reason, it had become the cause by which the effectiveness which carries out energy generation worsened from biomass as a result.

[0031] Then, a pyrolysis means enables the abbreviation of the hydrolysis process of biomass, and makes the methanation by the methanation bacillus easy. Although it is necessary to supply energy from the exterior by use of a pyrolysis means, since it becomes possible to use the generated methane as a heat source of heating of a pyrolysis means, or steam generation, loss of energy is filled up. Compared with the methane fermentation which made biomass the substrate with this means, a rate of reaction becomes quick, and the conversion efficiency to the energy of biomass improves remarkably.

[0032] The methane generated in the methane fermentation tank 9 has what was generated via formic acid from the carbon monoxide, and the thing generated from hydrogen and a carbon dioxide. The methanation fungus body added in this tank makes *Metanosarcina barkeri* (DSM804) the dominant. According to the report "the growth character and function of a

methanation bacillus, use, fermentation engineering, the 64th volume, and pp.181-196 (1986)" of Nishio and others, the bacillus concerned Although it is the methanation bacillus which uses hydrogen (H₂), a carbon dioxide (CO₂), formic acid (HCOOH), an acetic acid (CH₃COOH), and a methanol (CH₃OH) as a substrate It has the specific capacity it is incapable to other methanation bacilli of generating methane (CH₄) from a carbon monoxide (CO) and hydrogen. This methanation process generates methane by using formic acid as an intermediate product. The reaction formula concerning this methanation process is as follows.

[0033] The whole reaction process which generates methane from a CO+H₂ O->HCOOH HCOOH->CH₄+3CO₂+2H₂O carbon monoxide is expressed with a degree type.

[0034] Since 4CO+2H₂ O->CH₄+3CO₂ one side and the bacillus concerned are also hydrogen utilization nature, a methanation like a degree type may also happen.

[0035] If both CO₂+4H₂->CH₄+2H₂O therefore the methanation from a carbon monoxide, and a hydrogen utilization nature methanation happen, the whole reaction process is expressed with a degree type.

[0036] It is thought that an operation of the gay acetic-acid generation bacillus which coexists with a methanation bacillus to 2CO+2H₂ ->CH₄+CO₂ others generates an acetic acid from formic acid, and methane and a carbon dioxide are further generated from an acetic acid.

[0037] Therefore, the biomass cracked gas which uses hydrogen and a carbon monoxide as a principal component is easily convertible for methane and a carbon dioxide by using the fungus body which makes Metanosarcina barkeri (DSM804) a dominant.

[0038] The seed-fungus supply means 13 is attached to the methane fermentation tank 9 in this example. Since the fungus body which made the dominant Metanosarcina barkeri (DSM804) which obtained by performing enrichment culture with the seed-fungus supply means 13 by making a methanol, hydrogen, a carbon monoxide, or formic acid into a substrate is supplied to the methane fermentation tank 9 timely, engine-performance maintenance of a methanation is attained.

[0039] Since the solubility to water is small, a carbon monoxide needs to promote the dissolution in the water of a carbon monoxide. this example -- setting -- this technical problem -- a compressor 7, a diffuser 12, and gas -- it solved by forming a conduit 14. A compressor 7 pressurizes the mixed gas introduced from the gas holder 5, and supplies it to the methane fermentation tank 9 from a diffuser 12. The mixed gas supplied to the methane fermentation tank 9 is formed into detailed air bubbles by the diffuser 12. moreover, gas -- the gas which formed the conduit 14 and was discharged from the reaction mixture of the methane fermentation tank 9 is returned to a gas holder 5, and it could be made to perform circulation supply.

[0040] A carbon monoxide with low solubility is efficiently dissolved to water by this, and a methanation reaction is remarkably promoted. Most hydrogen is changed into methane although an unreacted carbon monoxide remains into generation gas still in addition. Moreover, since the gas supplied from the compressor serves as a stirring child, there is an advantage it becomes unnecessary to newly establish a stirring means.

[0041] Although most of a carbon monoxide or hydrogen is not contained in the gas generated by the usual methane fermentation, the content of a carbon monoxide becomes high in this case. However, the octane value is 100, and anti-knock is high, and it does not have a bad influence on gas engine driven power generation.

[0042] Conventionally, the approach of generating methane biologically from biomass pyrolysis generation gas needs to supply energy from the exterior, using some methane which needed to introduce energy in order to perform carbon monoxide conversion, therefore was generated.

Moreover, although the carbon-monoxide-conversion means is used when [like the petrochemical industry] it is large-scale and operates continuously, it is considered not to be suitable for it being middle-scale and operating from the problem of degradation of equipment and the catalyst by that control is complicated and long duration operation.

[0043] Then, it becomes possible to generate direct methane from biomass pyrolysis generation gas, without attaching the carbon-monoxide-conversion means using a steam with the approach and equipment concerning this example of an operation gestalt. Since anti-knock is high as for the presentation of the generated gas, it can be used for a gas generation of electrical energy. Thus, the whole system is simplified, and since the complicated control of the approach and equipment concerning this invention was less necessary, they are adapted also for operation of a minor scale.

[0044]

[Effect of the Invention] As stated to the detail above, according to the biomass pyrolysis generation gassing approach concerning this invention, and its equipment, from the gas obtained by combustion of biomass, a methanation is carried out efficiently and easily and things can be carried out. This enables it to change biomass into heat energy and electrical energy, suppressing the energy supply from the outside to the minimum.

[0045] Photosynthesis is fixed in an ecosystem and the carbon dioxide discharged by combustion of biomass is again supplied as biomass. Therefore, it becomes possible to prevent the increment in the carbon dioxide levels in the part which reduced consumption of a fossil fuel, and atmospheric air.

[0046] The practicality of biomass energy use will be further raised by this invention.

[Translation done.]

【特許請求の範囲】

【請求項1】バイオマスを熱分解して水素と一酸化炭素を主成分としたガスを生成し、その後、生成したガスとメタン生成菌とを接触させてメタンを生成することを特徴とするバイオマス熱分解生成ガス処理方法。

【請求項2】前記メタン菌は種菌を集積培養して生成されたことを特徴とする請求項1記載のバイオマス熱分解生成ガス処理方法。

【請求項3】バイオマスを熱分解して水素と一酸化炭素を主成分としたガスを生成し、その後、生成したガスとメタン生成菌とを接触させてメタンを生成し、生成したメタンで発電機付原動機を駆動させて発電を行なわせることを特徴とする請求項1または2記載のバイオマス熱分解生成ガス処理方法。

【請求項4】バイオマスを熱分解して水素と一酸化炭素を主成分とするガスを得る熱分解手段と、前記熱分解手段から供給された水素と一酸化炭素を主成分とするガスとメタン生成菌とを接触させてメタンを生成するメタン発酵手段とを具備したことを特徴とするバイオマス熱分解生成ガス処理装置。

【請求項5】前記メタン発酵手段には種菌を集積培養して得られたメタン生成菌を供給する種菌供給手段を設けたことを特徴とする請求項4記載のバイオマス熱分解生成ガス処理装置。

【請求項6】前記メタン発酵手段に前記熱分解手段から回収した熱により温められた温水を供給することを特徴とする請求項4または5記載のバイオマス熱分解生成ガス処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、バイオマスを熱分解して得られたガスに対して生物学的処理を施して有効的に利用する方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】バイオマスエネルギーは再生可能であり大気中の二酸化炭素濃度を増加させない利点がある。しかしながら、エネルギー密度が低いうえにバイオマスを得るために広大な面積が必要であるばかりでなく、固体のままでエネルギーとして利用するのは困難なことである。このように、バイオマスは、気体や液体などの利用しやすい形態に変化させるのに必要な投入（インプット）エネルギーの生産（アウトプット）エネルギーに対する比率が高いという短所があるために、薪炭として用いられる以外には実際には用いられていないかった。

【0003】長崎総合科学大学の坂井らは、微粉碎した草や木などのバイオマスを、水蒸気と酸素をガス化剤とした低温熱分解によって、水素と一酸化炭素を主成分とした高い発熱量の合成ガスを得て、これを一酸化炭素変成した後、昇圧して触媒を通してメタノールを合成する方法について報告している。バイオマスからメタノール

を製造する方法を図3に示す。この方法は生成物の分解が容易であり、アセトン-ブタノール発酵やエタノール発酵に比較してエネルギー変換に要する外部からのエネルギーの投入が比較的少ないとから、エネルギー変換方法としては評価されている。しかし、熱分解により得られた合成ガスをメタノール以外の燃料に変換する方法は報告されていない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】現在、バイオマスを扱った発電方法として、汚泥消化ガスを用いた火花点火式のガスエンジンによる発電が主流を占めている。燃料電池を用いた発電は我国においては一例のみであり、ディーゼル機関を用いた二元燃料式ディーゼルガスエンジン発電方式もあるが我国においては採用例が少ない。

【0005】バイオマス熱分解により生成された合成ガスを用いて、直接あるいは一酸化炭素変成を行なって、火花点火式などのガスエンジンにより発電を行なうこととは現在の技術レベルでは困難とされている。

【0006】その理由は次のようである。各種ガスの燃焼速度を比較すると、水素が270cm/sec、メタンが40cm/sec、一酸化炭素が乾燥した状態において25cm/sec、水蒸気と共存した状態において50cm/secである。また、各種ガスのオクタン値を比較すると、水素が6.6、メタンが10.3、一酸化炭素が10.0である。これらの数値から、メタンと一酸化炭素は、アンチノック性が高く、火花点火式（オットーサイクル機関）ガスエンジンの燃料として適しているのに対して、水素は、非常にノック性が高くガスエンジン燃料としては極めて不適当であると言える。

【0007】したがって、バイオマス熱分解により生成した水素と一酸化炭素を主成分とする合成ガスを発電に利用する場合は、現在の発電技術レベルを考慮すると、合成ガスをメタンに変換して火花点火式ガスエンジンにより発電する方法が実用的な方法であると考えられる。

【0008】本発明は上記の事情に鑑みてなされたもので、バイオマス熱分解ガスに生物学的処理を施して、これを有効的に利用することを可能にしたバイオマス熱分解ガスの処理方法及びその装置を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を達成するために、第1発明は、バイオマスを熱分解して水素と一酸化炭素を主成分としたガスを生成し、その後、生成したガスとメタン生成菌とを接触させてメタンを生成することを特徴としている。

【0010】第2発明は、前記メタン菌は種菌を集積培養して生成されたことを特徴としている。

【0011】第3発明は、バイオマスを熱分解して水素と一酸化炭素を主成分としたガスを生成し、その後、生成したガスとメタン生成菌とを接触させてメタンを生成

し、生成したメタンで発電機付原動機を駆動させて発電を行なわせることを特徴としている。

【0012】第4発明は、バイオマスを熱分解して水素と一酸化炭素を主成分とするガスを得る熱分解手段と、前記熱分解手段から供給された水素と一酸化炭素を主成分とするガスとメタン生成菌とを接触させてメタンを生成するメタン発酵手段とを具備したことを特徴としている。

【0013】第5発明は、前記メタン発酵手段には種菌を集積培養して得られたメタン生成菌を供給する種菌供給手段を設けたことを特徴としている。

【0014】第6発明は、前記メタン発酵手段に前記熱分解手段から回収した熱により温められた温水を供給することを特徴としている。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明するに当り、まず図2によりバイオマスの熱分解によって得られたガスから生物学的にメタンを生成する方法において水素資化性メタン生成菌を用いた方法について述べる。これは、バイオマスの熱分解により生成した水素と一酸化炭素を主成分としたガスに対して一酸化炭素変成を施して水素と二酸化炭素を主成分としたガスとした後に、これを水素資化性メタン生成菌による発酵によってメタンを生成する方法である。水素資化性メタン生成菌は近年において発見されたメタン生成菌種の一つであり、長岡科学技術大学の帆秋らの報告によると、超好熱性水素資化性メタン生成菌は、最適温度85°Cで倍加時間26分と大腸菌並みの増殖速度を持っており、太陽光が届かない深海における光合成に依存しない生物系の第一次生産者となっている。水素資化性メタン生成菌によるメタン生成反応は下記の式で表される。

【0016】 $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ 図2において、粉碎されたバイオマス原料31を、熱分解装置32に供給して、水蒸気と酸素がガス化剤として供給する熱分解により、水素と一酸化炭素を主成分とした合成ガスを生成する。合成ガスは一酸化炭素変成器33に供給される。一酸化炭素変成器33では、合成ガス中の一酸化炭素は、給気された水蒸気と反応して水素と二酸化炭素に変換される。その後、水素と二酸化炭素の混合ガスは、熱回収装置34により熱回収が行なわれる。温度が低下した水素と二酸化炭素の混合ガスは、水素資化性メタン生成菌培養タンク35に供給されて、水素資化性メタン生成菌の作用によりメタンに変換される。メタン生成菌の適正温度は低温から高温までに至り、温度が高い方がメタン発酵の反応速度が速くなり、タンクの容量が小さくて済む。水素資化性メタン生成菌培養タンク35から発生したメタンはガスホルダー36に貯留され、発生したメタンの一部を燃焼させて発生した熱と熱回収装置34において回収された熱のどちらか一方、または両方を熱源としたタンク加温手段37により水素資化性メタン生成菌培養タンク35

が加温される。また、発生したメタンを熱源として水蒸気発生器38を用いて水蒸気を発生させて、熱分解装置32及び一酸化炭素生成器33に通気する。発生したメタンのうち、加熱や水蒸気発生の熱源として利用した残りは余剰ガス利用手段39により燃料として、あるいは発電などに利用される。発電を行なう場合はその手段として火花点火エンジン、二元燃料（重油と消化ガス）ディーゼルガスエンジン、ガスタービンエンジン及び燃料電池発電などの方式があり、燃料電池発電では発生した水蒸気はバイオマスの低温熱分解やメタンの水蒸気を用いた改質や一酸化炭素変成などに利用できる。この装置を用いることによりバイオマスはメタンに変換され、熱や電気として利用された後、最終的には二酸化炭素と水になる。

【0017】本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する図1において、1は熱分解装置であり、微粉砕されたバイオマスが供給路2を介して供給される。熱分解装置1は、供給路4、20を介して酸素と水蒸気をガス化剤として給気して、バイオマスを熱分解し、水素と一酸化炭素を主成分とした合成ガスを生成する。合成ガスは供給路6を介して熱回収装置3に供給される。熱回収装置3は、バイオマスの熱分解により得られた熱の回収を行なう。回収された熱は、メタン発酵タンク加温手段19によりメタン発酵タンクの自己加温に用いられる。熱が回収されて低温化した合成ガスは、供給路8を介して、ガスホルダー5に供給される。

【0018】ガスホルダー5は、合成ガスとメタン発酵タンクから排出されたガスを貯留して、ガス導管10、16、18を介して、コンプレッサー7、ガスエンジン15及び水蒸気発生器25へ供給する機能を有する。

【0019】コンプレッサー7は、ガス導管10を介して、ガスホルダー5から導入した混合ガスを加圧してメタン発酵タンク9に供給する。

【0020】メタン発酵タンク9には種菌供給手段13とメタン発酵タンク加温手段19が付帯され、同タンク9底部には散気装置12が据付けられている。種菌供給手段13は、自然界から採取した種菌に対して、メタノール、水素、一酸化炭素あるいは蟻酸を基質として集積培養を行なって得られたメタン生成菌体11をメタン発酵タンク9に適時適量供給する機能を有する。メタン発酵タンク加温手段19は、メタン発酵タンク9の反応液の温度を測定して、熱回収装置3から回収した熱により温められた温水を供給することにより、メタン発酵に適した温度に調整する機能を有している。散気装置12は、コンプレッサー7からの加圧された混合ガスを微細気泡化させる機能を有する。

【0021】また、メタン発酵タンク9には上部に溢流口22、底部に余剰汚泥排出口24が据付けられている。溢流口22から排出された余分な液は排水処理手段21に、また余剰汚泥排出口24から引く抜かれた余剰汚泥は余剰汚泥処理手段23に移送されて処理される。

【0022】コンプレッサー7から供給された微細気泡化した混合ガスは、メタン発酵タンク9内に浮遊するメタン生成菌体11と接触すると、メタンに変換される。

【0023】メタン発酵タンク9内の反応液から排出されたメタン、二酸化炭素及び未反応の一酸化炭素を含んでいるガスは、ガス導管14を介してガスホルダー5に貯留される。ガスホルダー5に貯留されたガスは、再びガス導管10を介して、メタン発酵タンク9に供給されるという操作が繰り返し行なわれる。

【0024】ガスホルダー5に貯留されたガスの一部は、ガスエンジン15（火花点火式ガスエンジンあるいは二元燃料ディーゼルガスエンジン）に適したガス組成に変換された後、ガス導管16を介して供給されて発電用の燃料として利用される。発電はガスエンジン15に直結した発電機17により行なわれる。

【0025】バイオマスの熱分解に必要な水蒸気は、外部熱源27あるいはガスホルダー5に貯留したガスを熱源として利用して水蒸気発生器25を用いて発生させて、熱分解装置1に供給される。

【0026】以上説明したように、本実施形態例に係る装置を用いることによりバイオマスはメタンに変換され、そのエネルギーは熱や電気として利用され、最終的には二酸化炭素と水になる。

【0027】次に本実施形態例についての特徴について説明する。

【0028】熱分解装置1は、微粉碎した草や木などのバイオマスは、水蒸気と酸素をガス化剤とした低温熱分解により、タールの発生を防ぎ、水素と一酸化炭素を主成分とした高い発熱量の合成ガスを得ることができる。

【0029】この熱を回収して利用する熱回収装置3及びメタン発酵タンク加温手段19の導入によって、メタン発酵に適した温度条件に設定することができ、メタン生成を効率的かつ経済的に行なうことが可能になる。

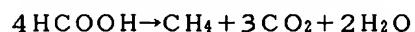
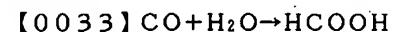
【0030】また、一般的にバイオマスに対して直接メタン生成菌が関与するメタン発酵においては有機物質の加水分解が律速段階となる。このため、結果的にバイオマスからエネルギー生産する効率が悪くなる原因となっていた。

【0031】そこで、熱分解手段は、バイオマスの加水分解工程の省略を可能にさせメタン生成菌によるメタン生成を容易にさせる。熱分解手段の利用により外部からエネルギーを投入することが必要となるが、生成したメタンを熱分解手段の加熱や水蒸気生成の熱源として利用することができるのでエネルギーの損失が補填される。この手段によりバイオマスを基質としたメタン発酵に比べると、反応速度が速くなり、バイオマスのエネルギーへの変換効率が著しく向上する。

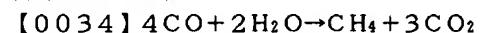
【0032】メタン発酵タンク9において生成したメタンは、一酸化炭素から蟻酸を経由して生成したものと、水素と二酸化炭素から生成したものがある。同タンク内

に添加されるメタン生成菌体は*Metanosarcina barkeri* (DSM804) を優先種としている。西尾らの報告「メタン生成菌の増殖特性とその機能と利用、醸酵工学、第64巻、pp.181~196 (1986)」によると、当該菌は、水素 (H_2) と二酸化炭素 (CO_2) 、蟻酸 ($HCOOH$) 、酢酸 (CH_3COOH) やメタノール (CH_3OH) を基質として利用するメタン生成菌であるが、一酸化炭素 (CO) と水素からメタン (CH_4) を生成するという他のメタン生成菌にはない特異的な能力を有している。

10 このメタン生成過程は蟻酸を中間生成物としてメタンを生成する。このメタン生成過程に係る反応式は次のようになる。



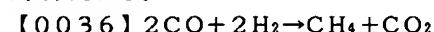
一酸化炭素からメタンを生成する反応プロセスの全体は次式で表される。



一方、当該菌は水素資化性でもあるので次式のようなメタン生成も起こり得る。

20 【0035】 $CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

したがって、一酸化炭素からのメタン生成と水素資化性メタン生成の両方が起これば、全体の反応プロセスは次式で表される。



この他にメタン生成菌と共存するホモ酢酸生成菌の作用により蟻酸から酢酸を生成して、さらに酢酸からメタンと二酸化炭素を生成するものと考えられる。

【0037】したがって、*Metanosarcina barkeri* (DSM804) を優先種とする菌体を用いることにより水素と一酸化炭素を主成分とするバイオマス熱分解ガスを容易に

30 メタンと二酸化炭素に変換することができる。

【0038】本実施例においては、メタン醸酵タンク9に種菌供給手段13を付帯している。種菌供給手段13によって、メタノール、水素、一酸化炭素あるいは蟻酸を基質として集積培養を行なって得た*Metanosarcina barkeri* (DSM804) を優先種とした菌体がメタン発酵タンク9に適時供給されるので、メタン生成の性能維持が可能になる。

【0039】一酸化炭素は水に対する溶解度が小さいので一酸化炭素の水への溶解を促進する必要がある。本実施例においてはこの課題をコンプレッサー7、散気装置12、ガス導管14を設けることによって解決した。コンプレッサー7は、ガスホルダー5から導入した混合ガスを加圧して散気装置12からメタン発酵タンク9に供給する。メタン発酵タンク9に供給された混合ガスは、散気装置12によって微細気泡化される。また、ガス導管14を設けてメタン発酵タンク9の反応液から排出されたガスをガスホルダー5に返流して循環供給ができるようにした。

40 【0040】このことにより、水に対して溶解度の低い

一酸化炭素が効率よく溶解され、メタン生成反応が著しく促進される。それでも尚、生成ガス中には未反応の一酸化炭素が残るが、水素はほとんどメタンに変換される。また、コンプレッサーから供給されたガスが攪拌子となるので、新たに攪拌手段を設ける必要がなくなる利点がある。

【0041】通常のメタン発酵により生成したガスには一酸化炭素や水素はほとんど含まれていないが、この場合は一酸化炭素の含有率が高くなる。しかし、そのオクタン値は100であり、アンチノック性が高く、ガスエンジン発電に悪影響を与えることはない。

【0042】従来、バイオマス熱分解生成ガスから生物学的にメタンを生成する方法は、一酸化炭素変成を行なうためにエネルギーを導入する必要があり、そのため生成したメタンの一部を用いるか外部からエネルギーを供給する必要がある。また、一酸化炭素変成手段は、石油化学工業のような大規模で連続的に操業する場合においては用いられているが、装置や制御が複雑であることと長時間運転による触媒の劣化という問題から中規模で操業するには適していないと考えられる。

【0043】そこで、本実施形態例に係る方法及び装置によって、水蒸気を用いた一酸化炭素変成手段を付帯せずにバイオマス熱分解生成ガスから直接メタンを生成することが可能になる。生成したガスの組成は、アンチノック性が高いためガス発電へ利用することが可能である。このように本発明に係る方法及び装置は、システム全体が単純化されて複雑な制御が必要でなくなったために、中小規模の操業にも適応する。

【0044】

【発明の効果】以上詳細に述べたように、本発明に係るバイオマス熱分解生成ガス処理方法及びその装置によれば、バイオマスの燃焼により得られたガスから効率的か

つ容易にメタン生成することできる。このことにより、バイオマスを外部からのエネルギー供給を最小限に抑えながら熱エネルギーと電気エネルギーに変換することが可能になる。

【0045】バイオマスの燃焼により排出された二酸化炭素は、生態系において光合成により固定されて再度バイオマスとして供給される。したがって、化石燃料の消費を削減した分、大気中の二酸化炭素濃度の増加を防ぐことが可能となる。

10 【0046】本発明によってバイオマスエネルギー利用の実用性がよりいっそう高められることになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る装置システム概要図。

【図2】メタン生成に係る装置システム概要図。

【図3】従来の装置システム概要図。

【符号の説明】

1 … 热分解装置

3 … 热回収装置

5 … ガスホルダー

20 7 … コンプレッサー

9 … メタン発酵タンク

11 … メタン生成菌体

12 … 散気装置

13 … 種菌供給手段

15 … ガスエンジン

17 … 発電機

19 … メタン発酵タンク加温手段

21 … 排水処理手段

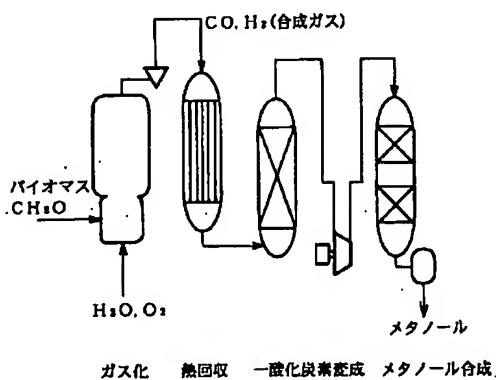
23 … 余剰汚泥処理手段

30 25 … 水蒸気発生器

27 … 外部熱源

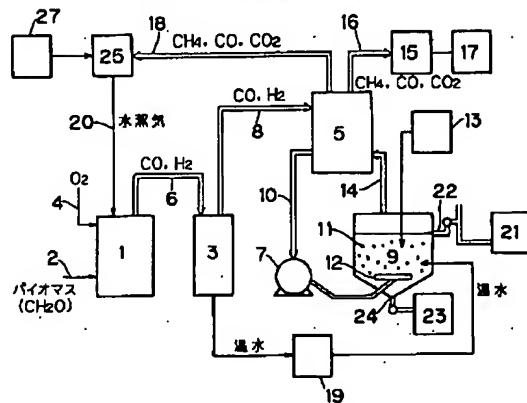
【図3】

従来の装置システム概要図



【図1】

本発明に係る装置システム概要図

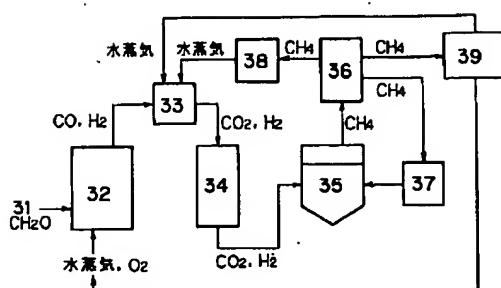


1...熱分解装置
2,4,6,8,20...供給路
3...熱回収装置
5...ガスホルダー
7...コンプレッサー
9...メタン発酵タンク
10,14,16,18...ガス導管
11...メタン生成菌体
12...散気装置
13...種菌供給手段

15...ガスエンジン
17...発電機
19...メタン発酵タンク加温手段
21...排水処理手段
22...溢流口
23...余剰汚泥処理手段
24...余剰汚泥排出口
25...水蒸気発生器
27...外部熱源

【図2】

メタン生成に係る装置システム概要図



31...バイオマス原料
32...熱分解装置
33...酸化炭素変成器
34...熱回収装置
35...水素活性化メタン生成菌培養タンク
36...ガスホルダー
37...タンク加温手段
38...水蒸気発生器
39...余剰ガス利用手段(燃料あるいは発電に利用)